GESTION À TERRE DES SÉDIMENTS

PROBLÉMATIQUES SCIENTIFIQUES, PERSPECTIVES INDUSTRIELS, VERS UNE HARMONISATION EUROPÉENNE ?

deep

INSA INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES LYON

PROVADEMSE

Plateforme technologique d'INSAVALOR

Interreg

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional

UNION EUROPÉENNE

SEDI TERRA

GESTION À TERRE ET VALORISATION DES SÉDIMENTS

PROBLÉMATIQUES SCIENTIFIQUES ET ACTIONS DE RECHERCHE

Jacques Méhu

INSA INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES LYON

PROVADEMSE Une plateforme INSA VALOR

BREF HISTORIQUE

- Fortes implications historiques d'acteurs territoriaux et scientifiques de 3 Grandes Régions Françaises : SUD, Auvergne-Rhône Alpes et les Hauts de France
- De grands programmes fondateurs : SEDIMARD, CARTOCHIM, PCB AXELERA, SEDIGEST, SEDIPLATEFORME, SEDIMATERIAUX, Cap sédiments, SEDITERRA…
- Une approche pluridisciplinaire : géotechnique, chimie, environnement, génie civil, écotoxicologie,….

Périmètre d'étude et enjeux

- Un statut de déchet « à part »
- Une nature de matériaux spécifique
- Une grande diversité de polluants (agricoles , industriels, domestiques, navigation,…)
- Echantillonnage et prélèvement
- Disponibilité des polluants

Les enjeux scientifiques

- La qualification et protection des milieux d'origines lors des dragages
- Le rôle et devenir des biomasses associées aux sédiments (dont posidonies)
- L'évaluation du potentiel de « risque et/ou de valeur » des matériaux
- Le développement et la validation des technologies de traitement et de valorisation
- Les milieux terrestres impactés par les étapes de la gestion à terre
- Le devenir à terme des polluants des sédiments une fois l'exutoire final trouvé.

Les enjeux sociétaux

- Juridiques :
  - Statut de déchet, dangereux ou pas,
  - Responsabilité collective /portuaire/ouvrage

- Économiques
  - Pas de modèle économique de la filière, manque de visibilité
  - Gisement mal défini car dépendant des politiques de dragage
  - Besoin d'une volonté politique plus affirmée pour soutenir les initiatives

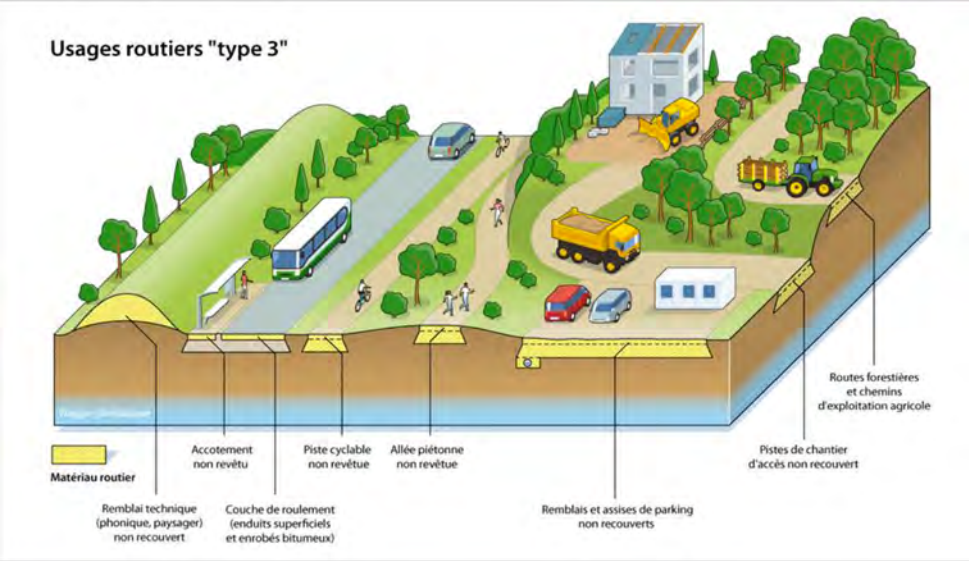
Quelques exemples d'actions

- Travaux de recherche sur la valorisation en Génie civil sur le territoire des Hauts de France
  - Une approche essentiellement géotechnique
  - Sédiments portuaires et de canaux peu pollués
  - Forte implication des collectivités
  - Une équipe de recherche dynamique

IMT Lille Douai
École Mines-Télécom
IMT-Université de Lille

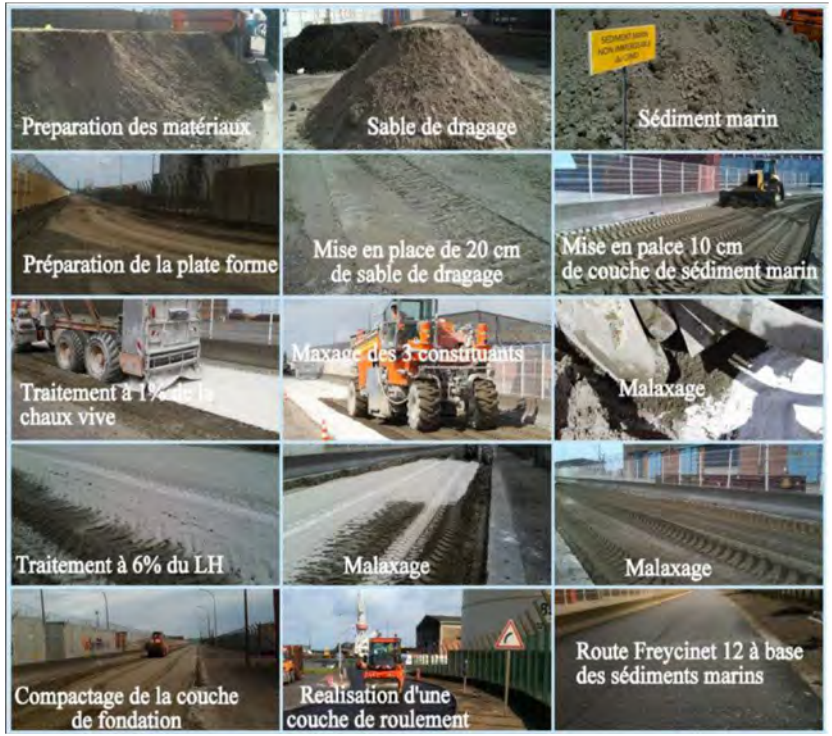
Quelques exemples d’actions

- Travaux de recherche sur la valorisation en Génie civil sur le territoire des Hauts de France



IMT Lille Douai
École Mines-Télécom
IMT-Université de Lille

Quelques exemples d'actions



IMT Lille Douai
École Mines-Télécom
IMT-Université de Lille

Quelques exemples d'actions

- Travaux de recherche sur le traitement de sédiments pollués aux PCB (sédiments fluviaux et continentaux) en Auvergne-Rhône Alpes
  - Grand programme national piloté par AXELERA et SUEZ

AXELERA catalyseur de croissance durable

SUEZ

  - Un grand nombre de partenaires institutionnels, industriels et académiques de la Région Auvergne-Rhône Alpes et nationaux

DGE DIRECTION GÉNÉRALE DES ENTREPRISES

INSA INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES LYON

brgm Géosciences pour une Terre durable

GRANDLYON communauté urbaine

ATANOR

  - Plus de 15 stratégies de traitements testées

Quelques exemples d'actions

INSA INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES LYON

PROVADEMSE
Une plateforme INSA VALOR

ATANOR

GRANDLYON communauté urbaine

Quelques exemples d'actions

- Travaux de R&D sur la gestion à terre et la valorisation des sédiments marin en Région SUD
  - CD Var chef de file
  - Forte implication de l'Agence de l'Eau , de la Région et de l'ADEME
  - Un partenariat solide et durable avec l'INSA de Lyon et des acteurs industriels locaux (ENVISAN)
  - Des travaux historiques fondateurs (SEDIMARD, CARTOCHIM…)
  - Une volonté forte de « capitaliser » les connaissances et les bonnes pratiques

Quelques exemples d'actions

Interreg MARITTIMO-IT FR-MARITIME

SEDI TERRA

Var Le Département

INSA Institut National des Sciences Appliquées Lyon

DISTAV

Collectivité de Corsica

Provincia di Pisa

ISPRA

Interreg MARITTIMO-IT FR-MARITIME
Fonds européen de développement régional
UNION EUROPÉENNE
SEDI TERRA

« Lignes directrices pour le traitement durable des sédiments de dragage de l'Aire Marittimo »

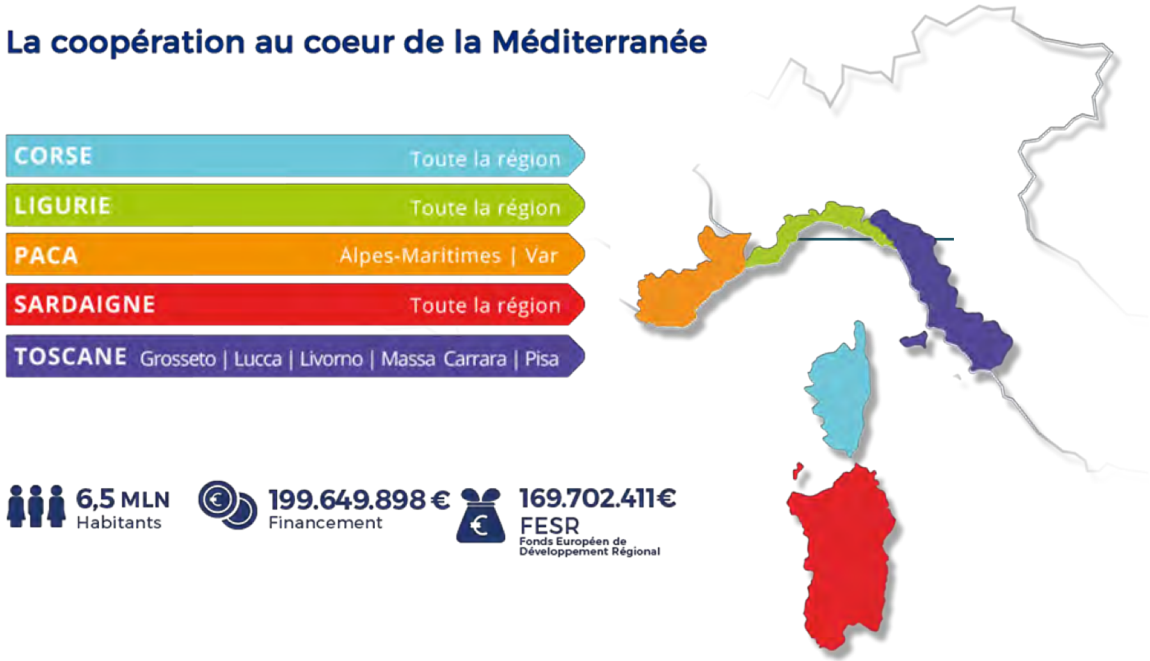
« Linee Guida per il trattamento sostenibile dei sedimenti di dragaggio dell'area Marittimo »

2017 – 2020

INSA INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES LYON

Erwan Tessier (erwan.tessier@insa-lyon.fr)

ZONE DE COOPÉRATION DU PROGRAMME INTERREG MARITTIMO



- ⇨ Programme transfrontalier cofinancé par le **Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)**
- ⇨ Soutenir et renforcer sur le long terme la **Coopération Territoriale Européenne (CTE)**
- ⇨ Réaliser les objectifs de la **Stratégie UE 2020** dans le centre-nord de la Méditerranée, en promouvant une **croissance intelligente, durable et inclusive**

Projet de R&D SEDITERRA

Partenariat :

Le Département Var

INSA Institut National des Sciences Appliquées Lyon

ISPRA

DISTAV Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita – Università degli Studi di Genova

Provincia di Pisa

Regione Autònoma de Sardigna – Regione Autonoma della Sardegna

Cullettività di Corsica – Collectivité de Corse

Coordinateur du projet

Coordinateur Scientifique et Technique

Partenaires Scientifiques et Institutionnels

Budget Global : ~2,3 millions €
Durée : 36 mois (2017 – 2020)

Principaux objectifs du projet SEDITERRA :

- Étendre au territoire Marittimo (Italie/France) les réflexions sur :
  - La gestion terrestre des sédiments de dragage non-immergeables – en France
  - La gestion marine des sédiments de dragage (par évaluation de l'écotoxicité marine) – en Italie

- Tester et mettre en œuvre des solutions de pré-traitement/traitement sur les sédiments dragués (Séparation granulométrique, Lavage ; Déshydratation par géotubes ; Mycoremédiation ; Pyrogazéïfication de fractions de fibres organiques)

- Promouvoir la production d'éco-matériaux (matériaux routiers, béton/mortier de VRD-TP) issus de la gestion des sédiments et ainsi suivre les objectifs définis dans la stratégie Europe 2020

- Elargir un processus de capitalisation par un échange de bonnes pratiques et une appropriation à l'échelle transfrontalière (version franco-italienne du site « Cap-sediments » : www.sediterra.net)

- Harmoniser la gestion des sédiments de dragage à l'échelle transfrontalière France/Italie

- Créer un **centre de R&D** en méditerranée (zone R&D du CPEM ENVISAN à la Seyne/mer)

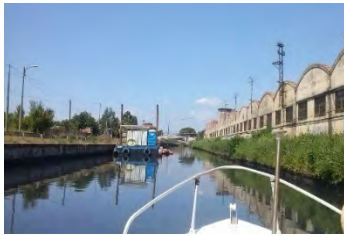
- Proposer des Lignes directrices pour le traitement durable des sédiments de dragage de l'Aire Marittimo

Principaux livrables du projet SEDITERRA :

- Analyse comparée des réglementations en vigueur et des gouvernances organisées dans les deux pays
- Bilan de l'état initial et inventaire des méthodes de caractérisation mise en œuvre dans chaque pays partenaire
- Étude des outils de traitement existants et des filières de gestion disponibles dans la zone du projet
- Rapport de synthèse des caractéristiques qualitatives et quantitatives du gisement de sédiments de la zone Marittimo y compris carte SIG en ligne
- Etat de l'art des projets de traitement et de réutilisation des sédiments à l'échelle européenne
- Mise en œuvre de pilotes de prétraitement et traitements des sédiments
- Aménagement d'une zone de R&D (coordonnée par INSA) avec les équipements SEDITERRA
- Essais de valorisation des sédiments dragués (matériaux routiers, béton/mortier de VRD-TP) – suivi/analyse des performances
- Analyse des données de suivi et Rédaction des Lignes directrices pour le traitement durable des sédiments de dragage dans l'aire Marittimo

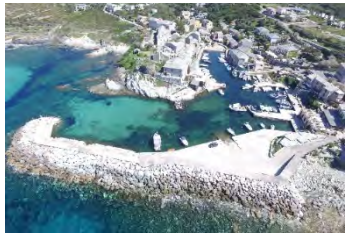
6 lots de sédiments prélevés sur les sites des partenaires pour être caractérisés et étudiés durant le projet :

LIVORNO



PISA

CAGLIARI



CENTURI

TOULON

GENOVA

Aménagement de la zone R&D du CPEM ENVISAN

Prétraitements / Traitements mis en œuvre :

Hydrocyclone et Lavage

Merci de votre attention

Erwan Tessier

erwan.tessier@insa-lyon.fr

EXPÉRIMENTATIONS PILOTES DE VALORISATION DE SÉDIMENTS MARINS À TERRE

PROVADEMSE
Plateforme technologique d'INSAVALOR

Interreg
MARITTIMO-IT FR-MARITIME
Fonds européen de développement régional
UNION EUROPÉENNE

SEDI TERRA

Objectifs

Mise en œuvre à l'échelle pilote d'ouvrages de réutilisation de matériaux traités dans des filières remblai, mortier et béton, avec un suivi de la qualité environnementale des eaux d'infiltration.

Etude de faisabilité de valorisation thermique des fibres de posidonies

Déroulement de l'action

Caractérisation préliminaire

Analyses chimiques et granulométriques sur
6 sédiments x 3 prélèvements
Analyses comparées :
France – Italie
Caractérisations approfondies

- Ecotoxicité,
- Percolation,
- Influence du pH

Sélection et études de formulation

Sélection de 4 sédiments (traité / brut)
Etude de formulation :

- Mortier de remblaiement de tranchée ;
- Béton courant

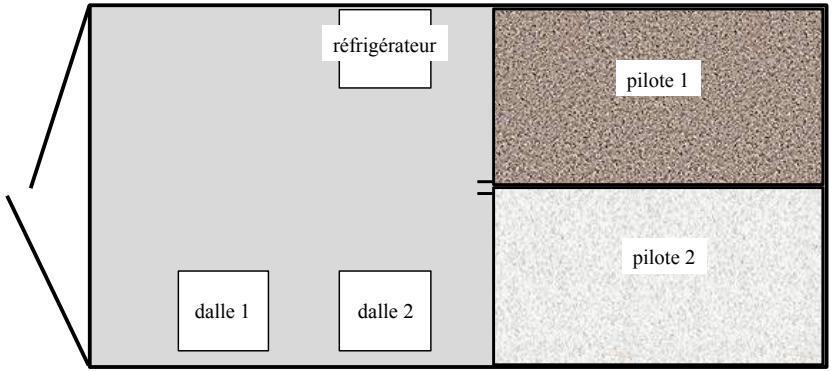
Montage des pilotes et suivi

CPEM Toulon :
Dispositifs en container réfrigérés

ISPRA Livourne :
Halle d'essai

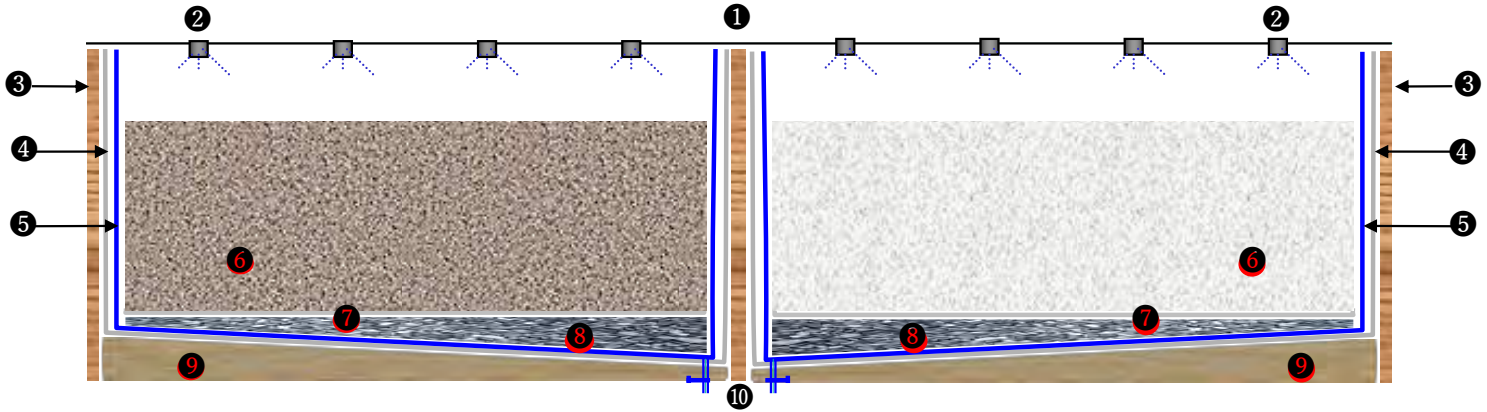
CPEM ENVISAN – R&D
La Seyne s/ mer

Enceintes thermostatées pour suivi des pilotes en conditions standardisées d'arrosage et de température



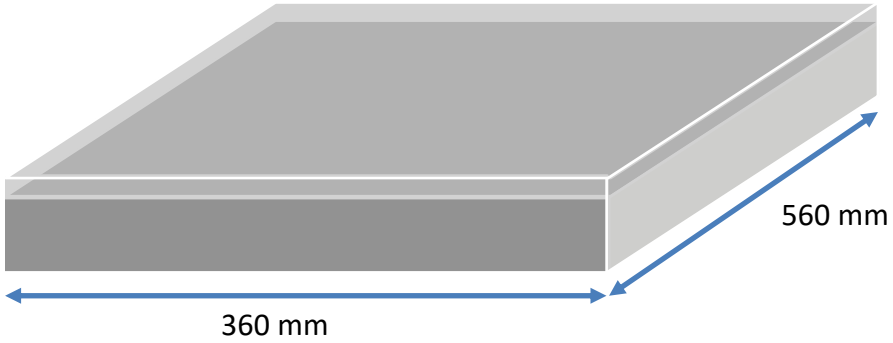
- 4 Lysimètres ;
- 4 dalles mortiers ;
- 4 dalles béton

Lysimètres - Remblais



1 - Rampe d'arrosage
2 - Buse d'arrosage
3 - Paroi extérieure
4 - Membrane de protection
5 - Géo-membrane étanche
6 - Matériau testé
7 - Membrane filtrante pour empêcher la migration de fines vers le bas
8 - Couche drainante inclinée
9 - Couche de sable pour façonner une pente vers un point bas
10 - Sortie des éluats

Dalles pilotes



Mortier de remblaiement et béton courant placés sous alternance de conditions humides / sèches avec collecte périodique des eaux en contact avec la surface

Etude de faisabilité de la valorisation thermique des fibres de posidonies

- Caractérisation thermique des fibres de posidonies (analyses immédiates)
  - Matière sèche (MS)
  - Matière organique totale (MOT)
  - Matières volatiles (MV)
  - PCI – taux de cendres

- Essais de pyro-gazéification
  - Préparation physique des fibres
  - Essais en pilote de pyro-gazéification
  - Caractérisation des résidus

PROVADEMSE

Une plateforme INSA VALOR

ACCUEIL PRÉSENTATION SERVICES MOYENS ACTUALITÉS CONTACT

Une plateforme expérimentale unique avec de nombreux équipements pour des études de l'échelle laboratoire à l'échelle pilote et un accompagnement à l'échelle industrielle

RÉACTIVITÉ BIOGÉOCHIMIQUE DE SÉDIMENTS MARINS ET FLUVIAUX

Qiufang Zhan, Lior Burstein, Rémy Bayard, Mathieu Gautier et Vincent Chatain

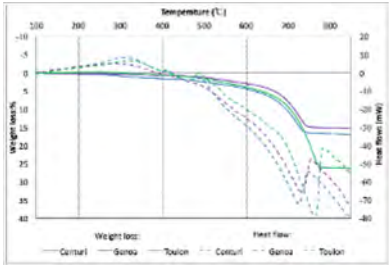
Problématique scientifique

Réactivité géochimique et biologique des sédiments après dragage ?

- Durée du stockage: impact direct et/ou indirect de l'oxygène de l'air sur la réactivité des sédiments (sulfures, matière organique, libération ETM…)

- Lessivage parfois acide pouvant entraîner des transformations biogéochimiques

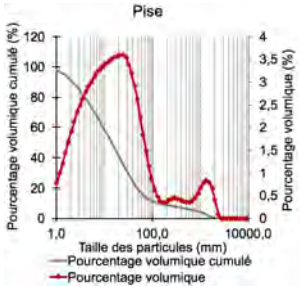
Objectifs et démarche scientifique



Essais de comportement au contact de l'oxygène de l'air et étude de la réactivité biogéochimique des sédiments

Caractérisations physicochimiques

Contenu total, granulométrie, minéralogie, ATG, IR-TF…



Comportement à la lixiviation

Test de consommation d'oxygène

Evolution en conditions statiques (TRS1 et TRS2) ou dynamique (TRD)

28 jours

7 semaines

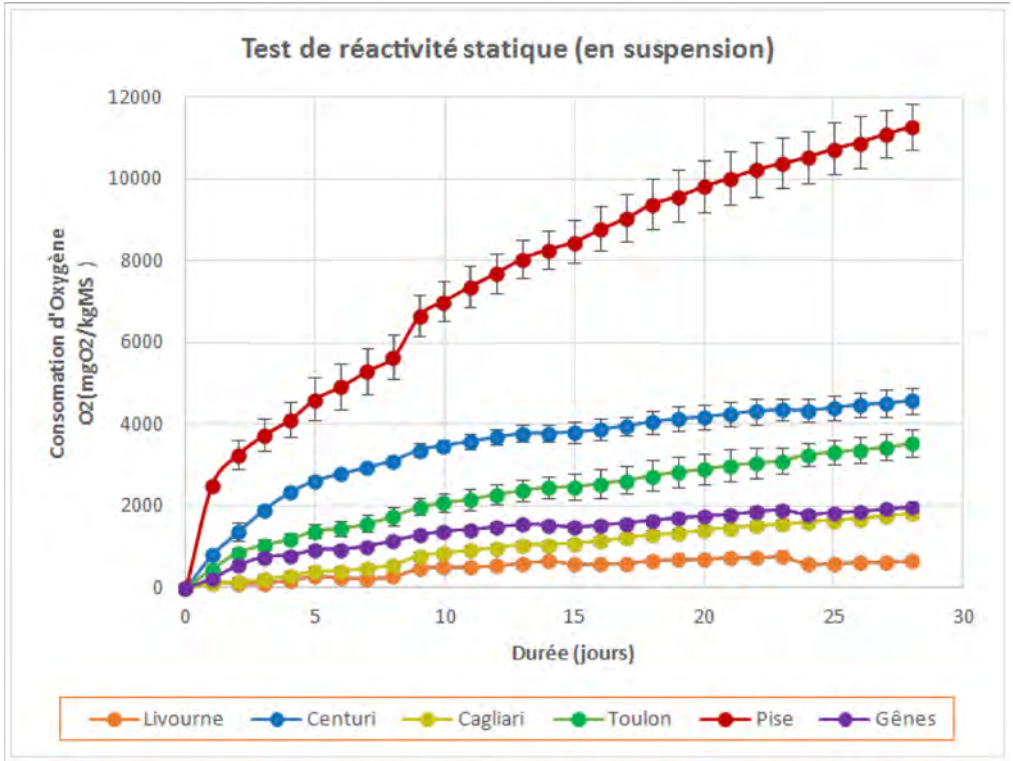
Sélection et caractérisation préliminaire

Caractéristique	Unités	Gênes	Centuri	Toulon	Pise	Cagliari	Livourne	N1	N2
Mercure (Hg)	mg/kg MS	0,30	<0,10	0,33	0,27	0,90	<0,10	0,40	0,80
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	<0,40	<0,40	<0,40	8,26	2,52	<0,40	1,20	2,40
Arsenic (As)	mg/kg MS	9,15	5,18	7,94	8,14	29	14,26	25	50
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	25,80	51,63	14	68	63,50	27,26	45	90
Nickel (Ni)	mg/kg MS	36,50	166	9,20	69,90	9,64	43,50	37	74
Chrome (Cr)	mg/kg MS	50,50	203	10,90	118	14,50	45,20	90	180
Zinc (Zn)	mg/kg MS	72,40	114,53	57,90	249	358	68,23	276	552
Soufre (S)	mg/kg MS	2800	6490	5970	12700				
Fer (Fe)	mg/kg MS	15600	15500	8870	40100		18100		
Calcium (Ca)	mg/kg MS	130000	122000	218000	38500		60300		
SOMME HAP (16)	mg/kg MS	1,50	0,13	10	13	3,50	1,60	6,79	24,12
SOMME PCB (7)	mg/kg MS	0,025	<0,001	0,024	0,059	0,012	<0,001	0,50	1
Matière Organique	%	2,92	6,65	8,16	8,69	5,07	2,62		

N1,N2: Seuils Géode (pour scénario de valorisation)

Code couleur concentration associé: Vert: inférieur aux seuils; Jaune: autour des seuils; Orange: supérieur aux seuils

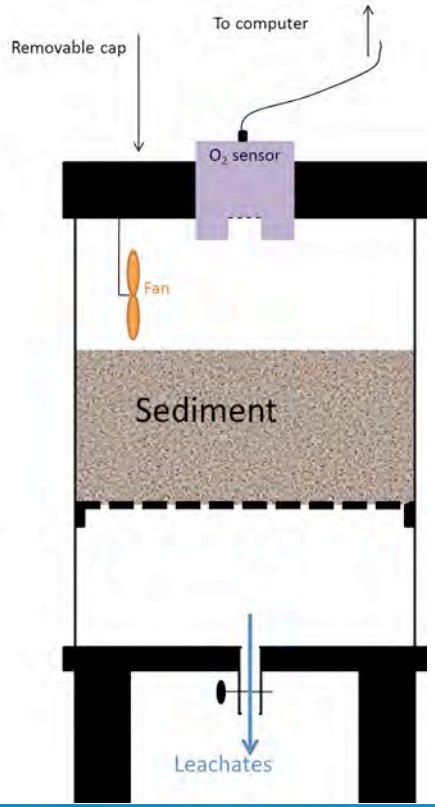
Tests de réactivité en conditions statiques (TRS1 et 2)

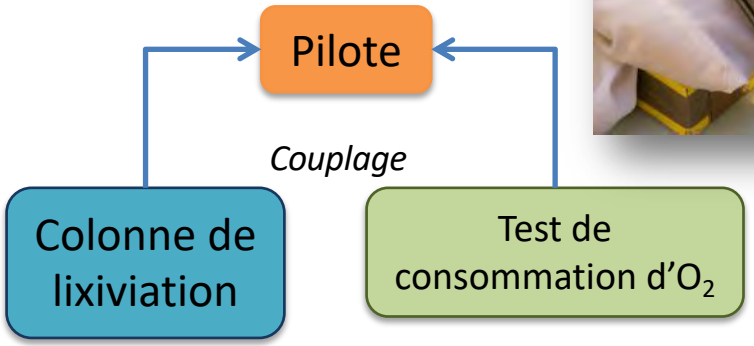


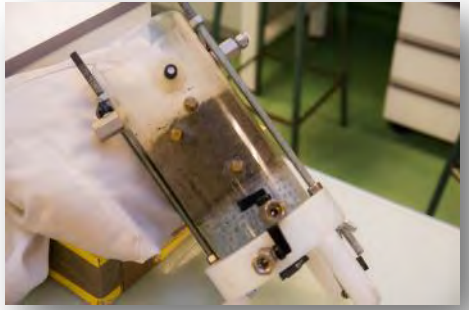
- ✓ Consommation d'O_2 (biologique et chimique) nettement plus importante pour certains sédiments ⇒ Influence de la matière organique naturelle (présence de posidonies)
- ✓ Consommation d'O_2 plus élevée sur sédiments en suspension dans l'eau

Test de réactivité en condition dynamique (TRD)

Env. tt. les sem. (Sr opt.)
pH/Eh/Cond
DCO
CT/COD
ETM dissous
Anions



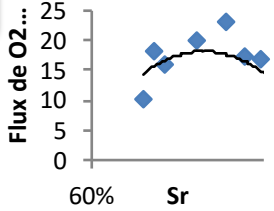




→ Lixiviation toutes les semaines

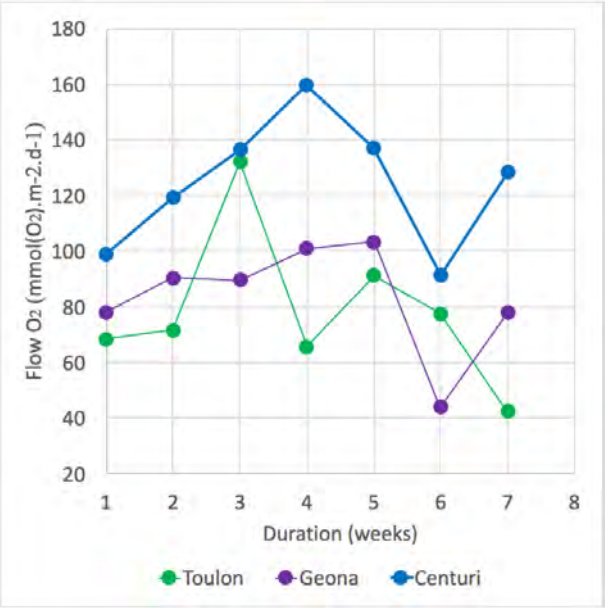
→ 500mL d'eau

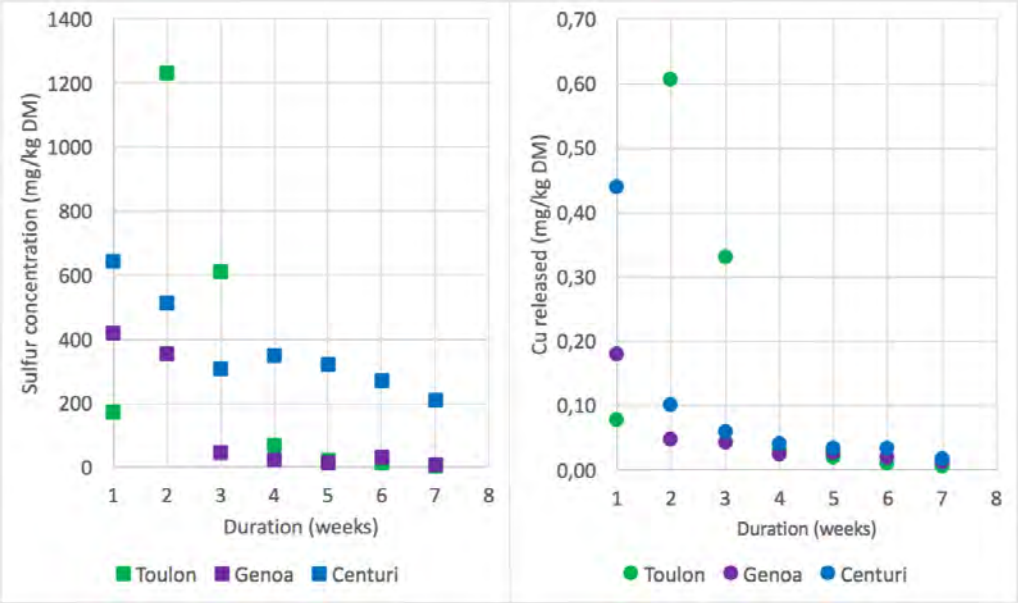
→ Pendant 7 semaines



Couvidat et al., 2015

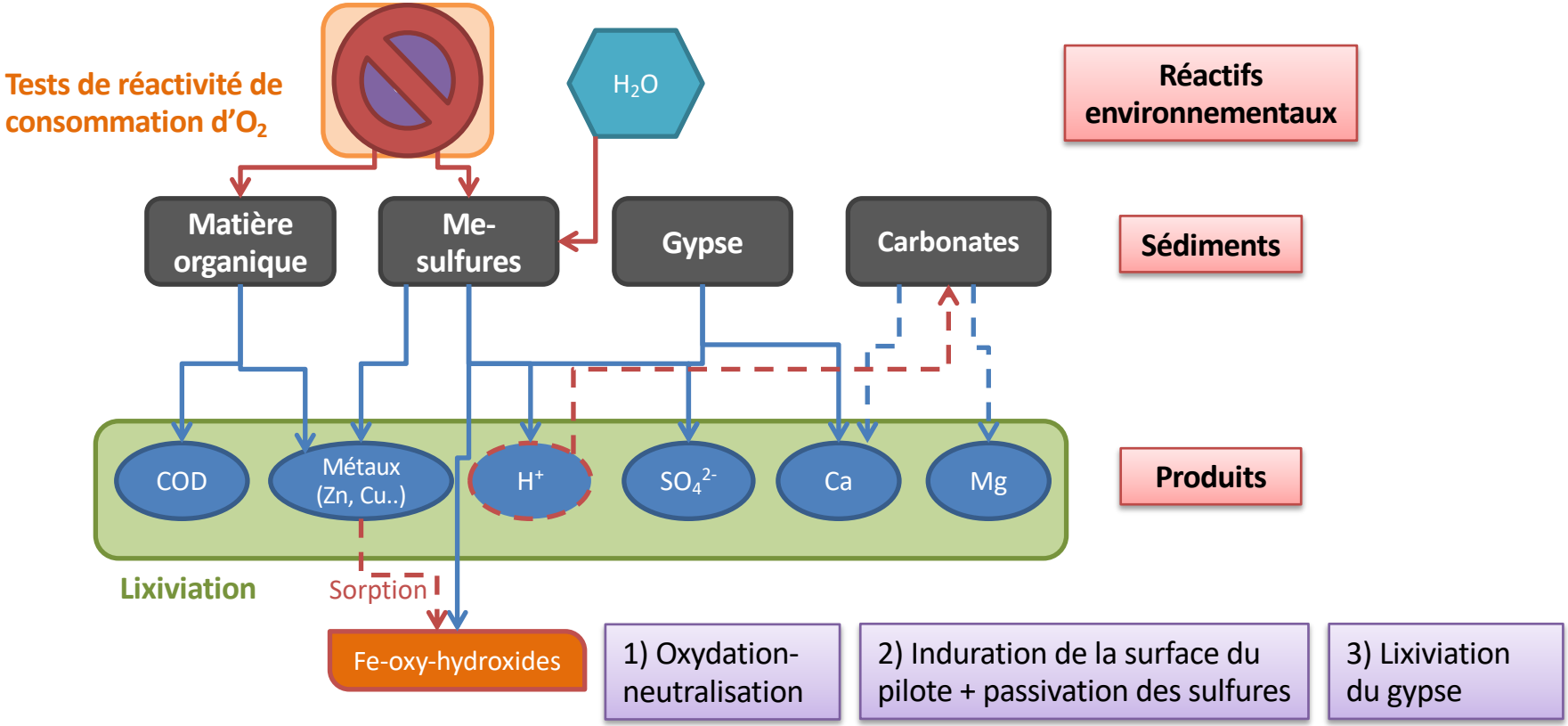
Test de réactivité en condition dynamique (TRD)





- **Consommation d'O_2 corrélée à [S_{tot}] (forte mobilisation) : Centuri > Toulon > Gênes**
- **Mobilisation assez faible du Cu et du Zn (<5% du CT) – avec corrélation entre S et Cu**
- **Résultats obtenus cohérents avec littérature sci. (Couvidat et al., 2015, Zhang, 2012…)**

Conclusion


Tests de réactivité de consommation d'O_2
H_2O
Réactifs environnementaux
Matière organique
Me-sulfures
Gypse
Carbonates
Sédiments
COD
Métaux (Zn, Cu..)
H^+
SO_4^{2-}
Ca
Mg
Produits
Lixiviation
Sorption
Fe-oxy-hydroxides
1) Oxydation-neutralisation
2) Induration de la surface du pilote + passivation des sulfures
3) Lixiviation du gypse

PERSPECTIVES

- Approfondir investigations minéralogiques des ETM (Cu, Pb et Zn en particulier)
- Application de cette démarche scientifique sur d'autres matrices potentiellement réactives à la présence d'O_2 ou, plus généralement, à un changement des conditions d'oxydo-réduction du milieu
- Thèse de Doctorat de Qiufang Zhan (2018-2021) sur des sédiments urbains (néosols issus de bassins d'infiltration/rétention)

CARACTÉRISATION DES SÉDIMENTS DES BASSINS DE RETENUE ET ÉLÉMENTS POUR LEUR GESTION

Gislain LIPEME KOUYI et al.

Partenaires

CABRRES

ANR2011-CESA012

2012-2017

INSA INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES LYON

Lyon 1

VetAgro Sup

OTHU

AXELERA

deep

EVS

graie

cnrs

ecologie microbienne lyon

UMR 5557

IMU UNIVERSITE DE LYON

GRANDLYON la métropole

Lyon id

isa Institut des Sciences Analytiques

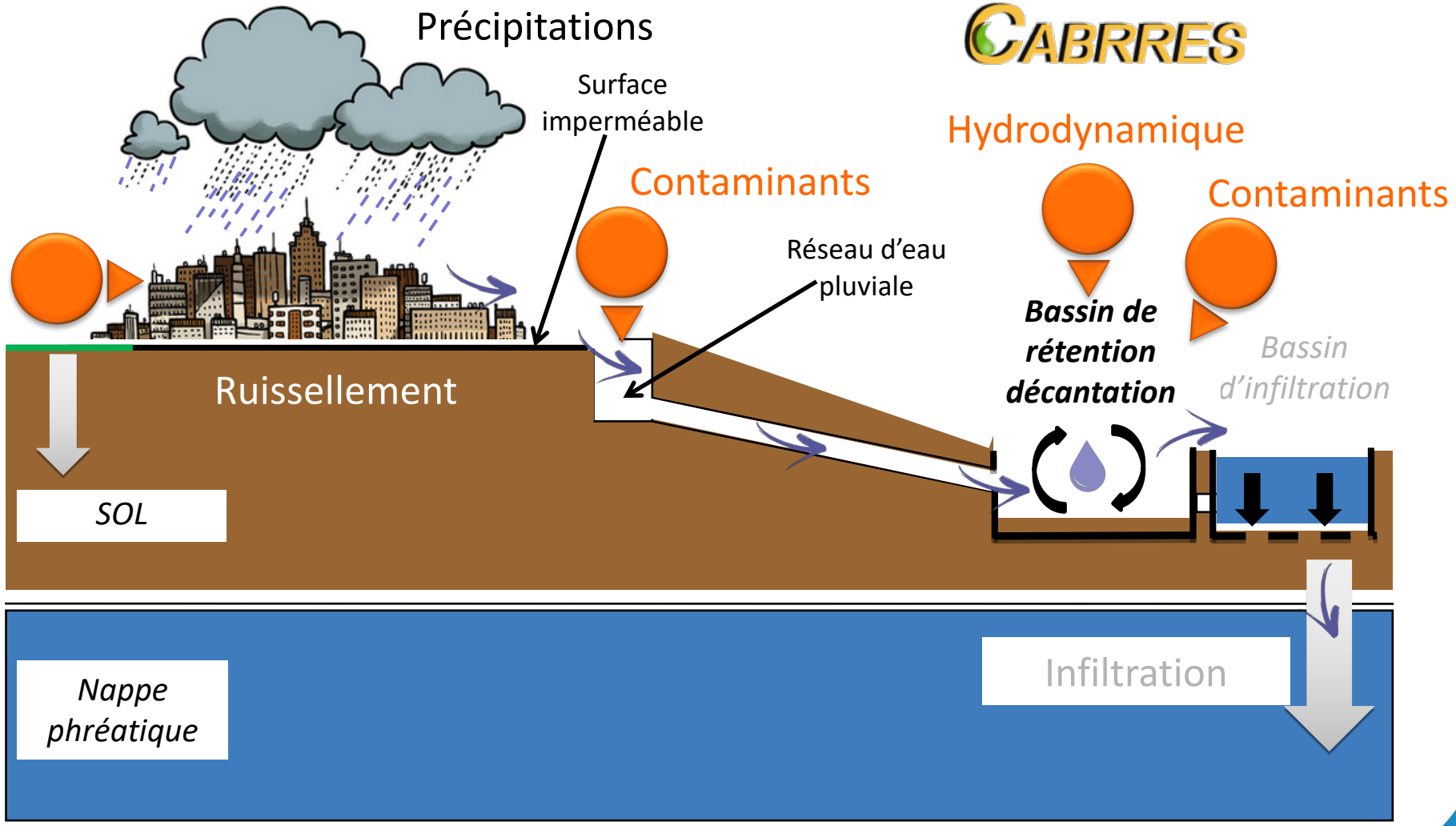
Service Central d'Analyse (SCA)

ENTPE LEHNA

Equipe IPE

Contexte et problématique

- Les bassins de retenue-décantation centralisés très répandus
- Implémentés pour gérer et dépolluer les eaux pluviales
- Accumulation de sédiments contaminés – comment gérer, quand curer?
- Risque de pollution des ouvrages aval (e.g. bassins d'infiltration)
- Caractérisation et suivi de l'évolution de la qualité des dépôts
  - Relations entre caractéristiques?
  - Variabilité spatio-temporelle ?
  - Apports pour la gestion durable de ces résidus ?



© GRAIE-OTHU sur la base de J.Voisin – Lehna UCBL - 2017

Objectifs

Caractérisation

Physico-chimique
Microbiologique
Ecotoxicologique

Variabilité et facteurs explicatifs

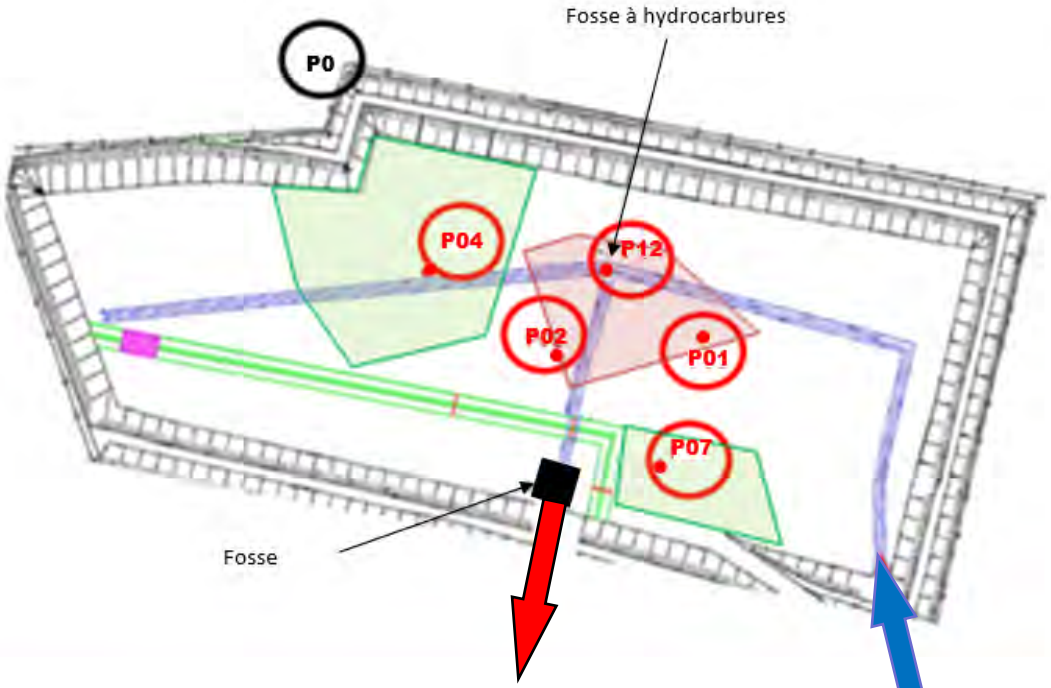
Rôle de
l'hydrodynamique

Relations et évolution

Relations entre caractéristiques
Evolution de la qualité

Méthodologie

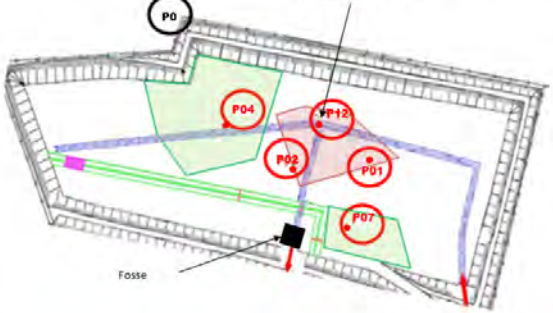
Méthode de quartage en temps sec
(8 campagnes)

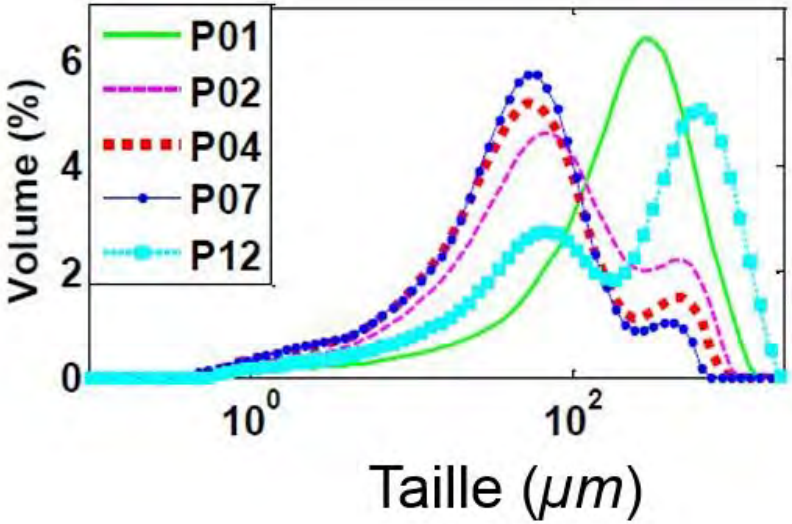


Sortie vers le bassin d'infiltration

Entrée

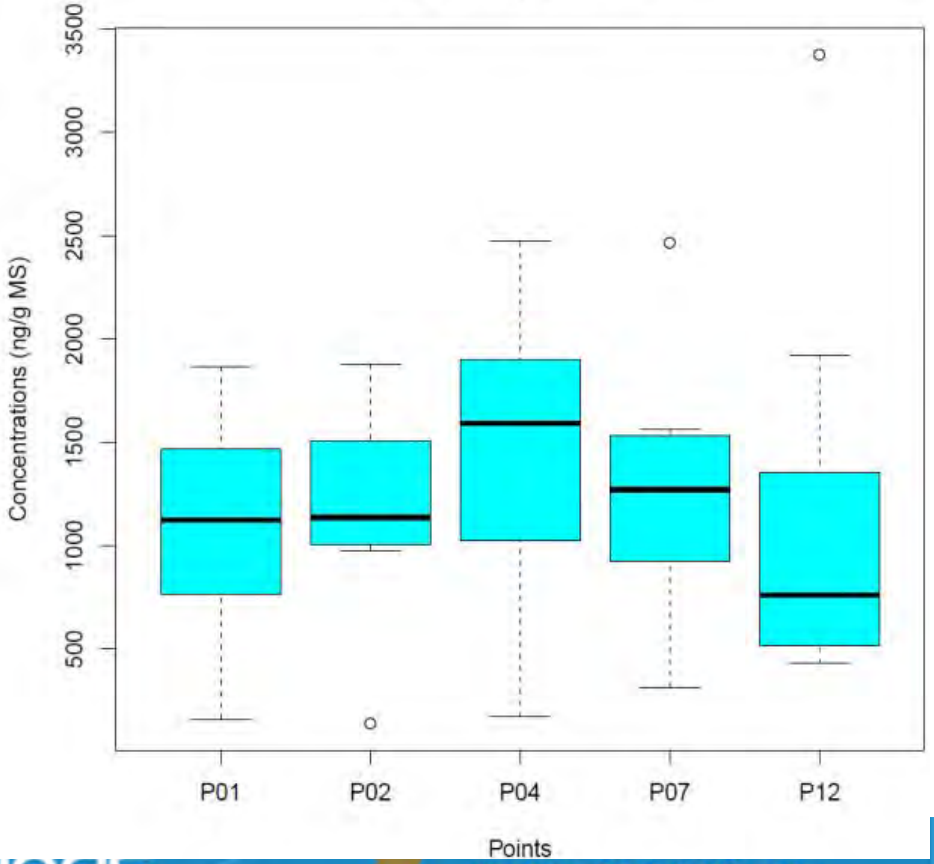
Résultats



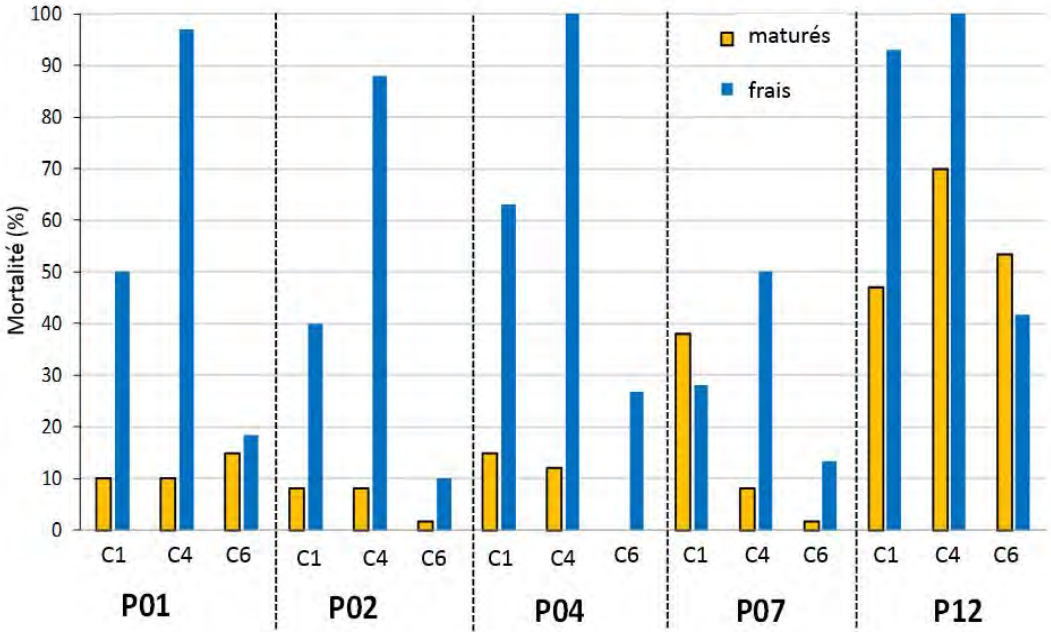


Entre 50 et 150 µm comme les MES des eaux pluviales

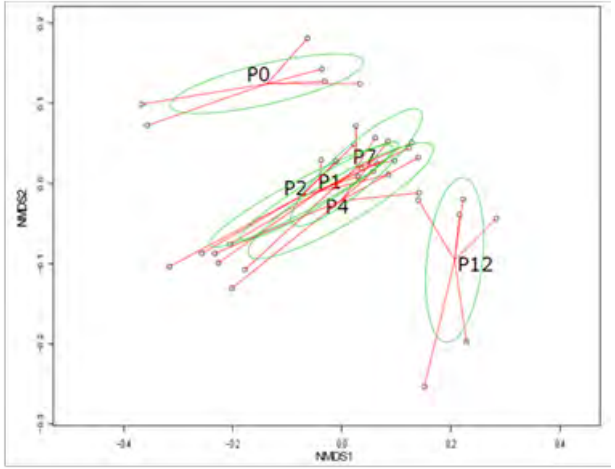
Nonylphénol, BPA, HAP, métaux



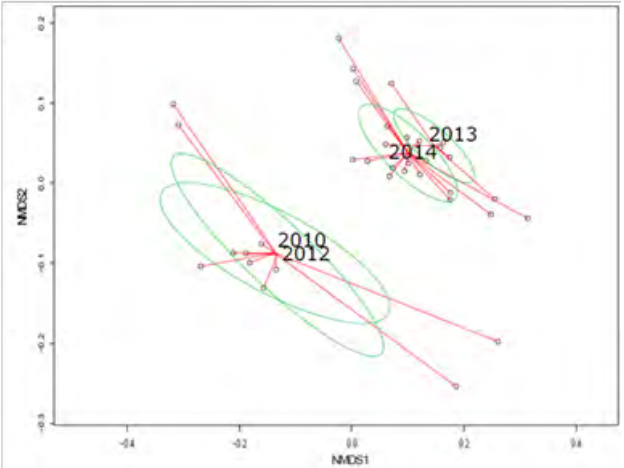
Résultats



A

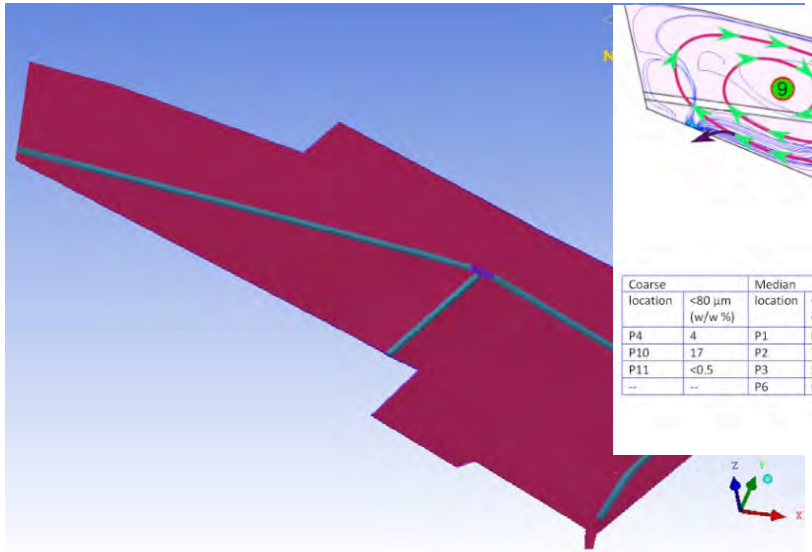


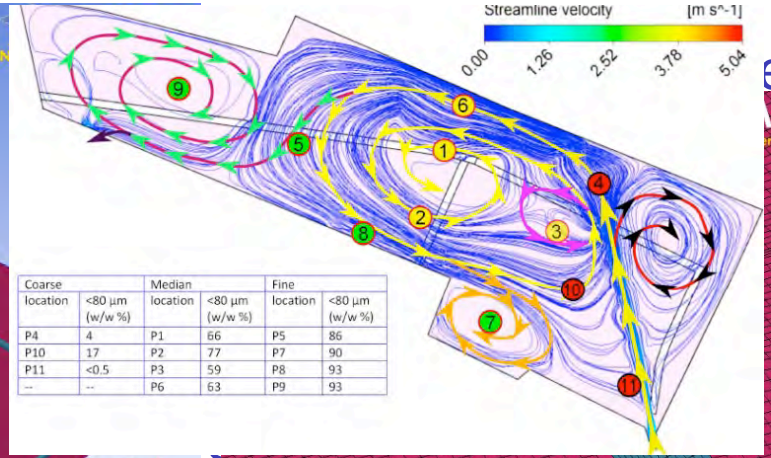
B



Résultats

Visualisation et compréhension





Coarse		Median		Fine	
location	<80 µm (w/w %)	location	<80 µm (w/w %)	location	<80 µm (w/w %)
P4	4	P1	66	P5	86
P10	17	P2	77	P7	90
P11	<0.5	P3	59	P8	93
--	--	P6	63	P9	93

ements

pour interpréter les résultats

CONCLUSIONS

- Tailles entre 50 et 150µm
- Contaminés surtout en HAP, BPA, nonylphénol, métaux
- Formes pathogènes présentes (P. *aeruginosa*)
- Variabilité due à l'hydrodynamique (turbulence)
- Laisser maturer pour réduire l'écotox